

アスファルト混合物の摩耗抵抗改善に関する実験的研究

その他（別言語等） のタイトル	Experimental Study on Improvement of Wear Resistance of Bituminous Paving mixtures.
著者	新田 登, 磯崎 真一
雑誌名	室蘭工業大学研究報告. 理工編
巻	37
ページ	283-291
発行年	1987-11-10
URL	http://hdl.handle.net/10258/737

アスファルト混合物の摩耗抵抗改善に関する実験的研究

新 田 登・磯 崎 真 一

Experimental Study on Improvement of Wear Resistance of Bituminous Paving mixtures.

Noboru NITTA and Shinichi ISOZAKI

Abstract

The development of wear resistant bituminous paving mixtures has been considered as one of the important problems in the field of bituminous pavement design in cold regions. In order to contribute to this problem, a series of laboratory tests used an accelerated wearing equipment were made on wearing resistance properties of bituminous mixtures: one is on the wearing process, another is on the effects of mixture components, including volume, size and gradation of coarse aggregate and types of binder.

The findings of this study are: (1) wearing process of paving mixtures by a studded tire is composed of repetition of three actions, scarifying of asphalt mortar, attrition of coarse aggregates, and stripping out of aggregates from asphalt mortar bed; (2) wear resistance has a linear relation with volume percentage of coarse aggregates, although 5 ~ 2.5mm size in coarse aggregates appears to have adverse effects on the wearing resistance; (3) main function of modified asphalt is to resist the stripping out of coarse aggregates and its degree of contribution depends on the toughness and tenacity of asphalt. Based on these findings, an optimum aggregate gradation was proposed for the wear resistant bituminous paving mixture design.

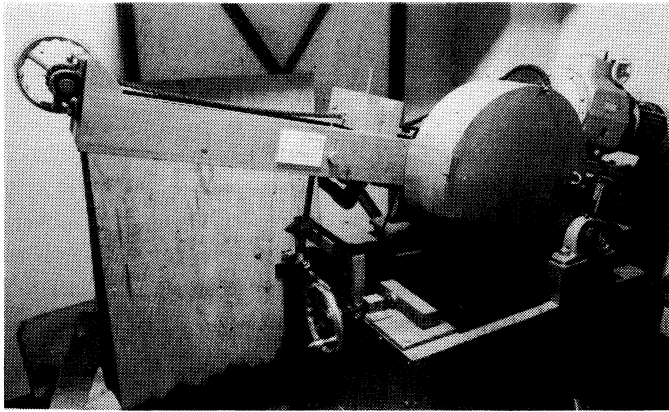
1. 緒 言

スパイクタイヤによるアスファルト舗装の摩耗被害は積雪寒冷地のみにとどまらず、全国的な問題となっている¹⁾。この摩耗被害を軽減する目的で今日まで、タイヤ構造の改善²⁾、スパイクタイヤ装着期間の規制³⁾および耐摩耗アスファルト混合物の開発^{4), 5)}に関する研究が継続されてきているが、まだ十分な対策を講ずるに至っていない。筆者らは先にアスファルト混合物の摩耗抵抗は粗骨材の質および空隙率に支配されるとして、硬質骨材である転炉スラグの利用と締め固め度の向上が有効であることを指摘してきた⁶⁾。本研究はこれらの成果を基に、スパイクタイヤがアスファルト混合物を摩耗していく過程を明らかにするとともに、摩耗抵抗に影響を与えると思われる粗骨材量、粗骨材配合率およびバインダーの種類の寄与の程度について考察してアスファルト混合物の摩耗抵抗を改善する為の基礎資料を得ることを目的として行なったものである。

2. 実験要領

a. 摩耗試験装置

本実験に使用した摩耗試験機は写真—1に示す如く、スパイクタイヤ（5.20—4PR，ピン寸法：直径0.2cm，突出量1.5mm，本数78本）1輪を一定荷重下で等速回転させながら供試体表面上を横方向に移動させることによって摩耗を生ぜしめる機構を有するものであり、アスファルト混合物の摩耗特性を評価する手段として筆者らが試作したものである⁷⁾。



写真—1 促進トラバース型摩耗試験機

b. 供試体作製法

供試体寸法は30×30×5 cmであり，所定の配合で加熱混合した試料を型枠に詰めて突き棒で一様に突き固めた後，締め固め温度（アスファルトの粘度；30ボイズ時の温度）まで徐冷し，ローラコンパクタを用いて所定の空隙率を有する供試体を作製した。

c. 測定条件

摩耗試験温度を0℃とし，供試体を0℃に設定した低温室で24時間養生した後表—1に示す载荷条件で摩耗させ、タイヤ走行回数900パス毎に摩耗部分の体積を標準砂によるサンドパッチング法により、

表—1 実験条件

空気圧	2.0	kg/cm ²
輪荷重	40	kg
タイヤ接地圧	5.88	kg/cm ²
タイヤ回転速度	5.36	km/h
タイヤ回転数	56	r.p.m
トラバース速度	10.6	cm/min

その面積を写真測定後の拡大図からプランメータによって測定し、摩耗量を次式で求めた平均摩耗深さによって評価した。

$$\text{平均摩耗深さ (mm)} = \frac{\text{摩耗体積 (mm}^3\text{)}}{\text{摩耗面積 (mm}^2\text{)}}$$

また、スパイクタイヤ走行時の摩耗の進行過程を明らかにする目的で硬さの異なる2種類の粗骨材を用いた供試体の中央部を切断し、その断面写真を撮影した後再び突き合わせたものを供試体として摩耗試験を行ない、450パス毎の断面写真からモルタル部分、粗骨材部分それぞれの摩耗深さを読みとってその変化の状態を追跡した。

3. 実験結果

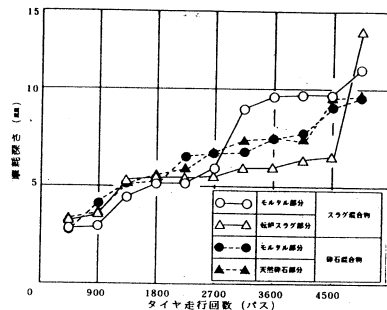
3-1. 摩耗の進行過程

最大粒径13mmの粗骨材を含む密粒度アスファルトコンクリートを対象として、粗骨材に表—2に示す如き性質を有する天然碎石と転炉スラグを用いた同一配合の供試体（アスファスト量：OAC，空隙率：4.0%）のモルタル部分と粗骨材部分の摩耗深さとタイヤ走行回数との関係を図—1に示す。図より、碎石混合物の場合モルタル部分と粗骨材部分の摩耗はほぼ同程度に進行しているのに対して、スラグ混合物の場合には2700パスまでは両部分の間には差はないものの3150パスを超えて摩耗が進行すると次第に粗骨材部分の摩耗量に比してモルタル部分のそれが急激に増加し、約1.5倍となっている。この事はスパイクタイヤによるアスファルト混合物の摩耗はタイヤ走行の初期に、まずモルタル部分が削り取られて次第に粗骨材が表面に露出しスパイクピンの摩耗力に抵抗しようとするが、軟質骨材の場合にはその抵抗力は弱く骨材表面が摩滅されるのに対して硬質骨材の場合には摩滅される程度が少ない為にモルタル表面から突出し、モルタル部分のみが削り取られて粗骨材とモルタルとの接触面積が小さくなり、ついには粗骨材が飛散する状態に移行することを示していると考えられる。図—2は、タイヤ走行回数3150パス以降における摩耗状態の一例を断面写真から図化したものであり、前述の推論の妥当性を裏付けている。これらの結果より、スパイクピンによるアスファルト混合物の摩耗はモルタル部分の切削——粗骨材の摩滅——

表—2 粗骨材の性状

骨材粒径 (mm)	1) 骨材破壊値 (%)		2) 骨材のすりへり減量 (%)	
	転炉スラグ	天然碎石	転炉スラグ	天然碎石
13~10	25.7	12.4	12.7	24.1
10~5	18.0	6.8		
5~2.5	14.2	3.9		

1) BS 812(1967) による
2) JIS A 1121 による



図—1 粗骨材部分とモルタル部分の摩耗量の相違

粗骨材の飛散という3つの過程を繰り返しながら進行するものと考えてよさそうである。また、飛散時における粗骨材のモルタル中への埋め込み深さの頻度分布は図-3に示すようであり、モルタルが削り取られて埋め込み深さが2～4mmになると粗骨材のほぼ60%が飛散するものと考えられる。

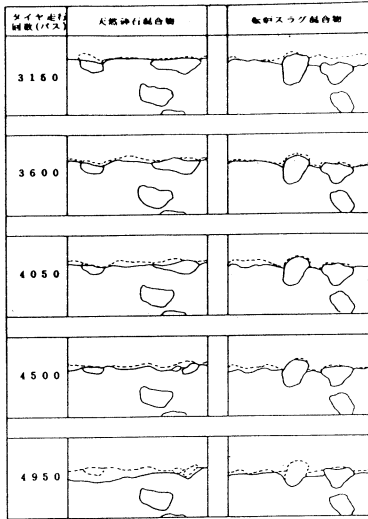


図-2 摩耗断面の変化の状態

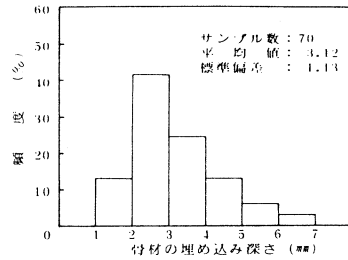


図-3 飛散時における粗骨材の埋め込み深さの頻度分布

3-2. 粗骨材の混入による効果

摩耗抵抗に対する粗骨材の粒径と混入量の影響を明らかにする為、連続粒度およびギャップ粒度の2種類のアスファルトモルタル（アスファルト量：OAC）に粒径20～13mm，13～10mm，10～5mm，5～2.5mmなる単粒径の骨材をそれぞれ重量比で10～50%混入した混合物について摩耗量を測定し，3600パスにおける平均摩耗深さと粗骨材混入率の関係として図-4に示した。なお，図中にアスファルトモルタルの平均摩耗深さの範囲も示している。図は，粗骨材の混入によって摩耗抵抗は増大するが，その効果は粒径の大きさによって異なり，かつ混入量が20%以上であることが必要であることを示している。また，2種類のアスファルトモルタルのうち摩耗抵抗の比較的大きいギャップ粒度の場合の平均摩耗深さ範囲の中央値

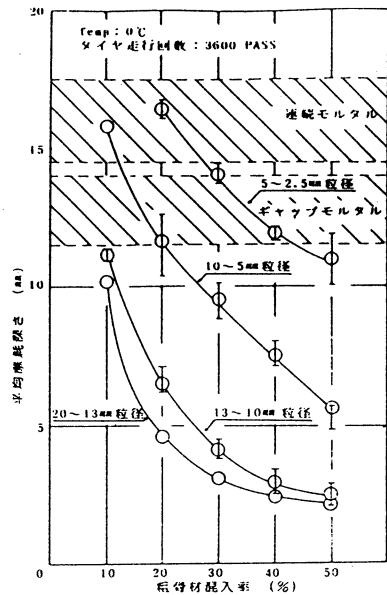


図-4 粗骨材の混入による効果

12.8mm を基準にして各粒径別混入率による摩耗抵抗の増減率を示すと表—3 のようになり、5～2.5mm 粒径では混入率30%，10～5mm 粒径では混入率10%までは粗骨材は摩耗抵抗に対してマイナスの効果として作用し、測定値のバラツキを考慮して増減率+20%以上をプラスの効果とすると摩耗抵抗改善の為の粗骨材混入率の範囲は表中に示す如く粒径が大きくなるほど混入率は少なくてもよいと言える。なお、5～2.5mm 粒径骨材の混入が摩耗抵抗の改善にはほとんど寄与しないという事実は耐摩耗混合物の配合を選定する際の資料として重要な意味を有するものと思われる。また、混入率が同一であれば粒径の大きい骨材ほど摩耗抵抗を増大させるが、特に13～10mm 粒径以上の粗骨材の混入の効果は顕著であり、混入率30%以上の場合摩耗抵抗を70%～80%改善することが可能である。

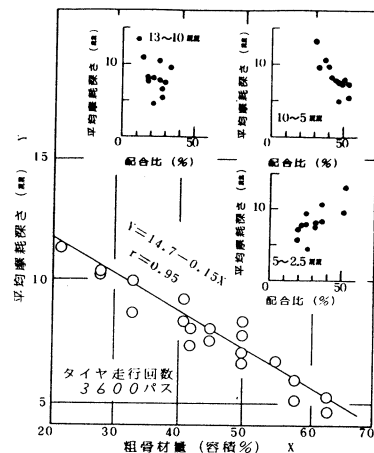
表—3 粗骨材混入による摩耗抵抗増減率

混入率 (X)	0%	10%	20%	30%	40%	50%
粒径(mm)	(1)	(1) (2)	(1) (2)	(1) (2)	(1) (2)	(1) (2)
5～2.5	12.8 mm	21.1 -64.8	16.4 -28.1	14.1 -10.2	11.9 +7.0	10.9 +14.8
10～5		15.8 -23.4	11.6 +9.4	9.5 +25.8	7.5 +41.4	5.6 +56.3
13～10		11.1 +13.3	6.5 +49.2	4.1 +68.0	2.9 +77.3	2.5 +80.5
20～13		10.2 +20.3	4.6 +64.1	3.1 +75.6	2.4 +81.3	2.1 +83.6

(1) 平均摩耗深さ (mm)
(2) 摩耗抵抗増減率 (%)

3—3. 粗骨材粒度の影響

積雪寒冷地において主に用いられているアスファルト混合物のタイプは、密粒度アスファルトコンクリート、細粒度アスファルトコンクリート、密粒度ギャップアスファルトコンクリート、および細粒度ギャップアスファルトコンクリートの4種類の混合物であり、アスファルト舗装要綱にその標準粒度範囲が示されている⁹⁾。その粒度範囲の上限、中央、下限を示す12本の粒度曲線はすべて最大粒径13mm であり、粗骨材量は22%～64%の範囲で変化していることから、この範囲内でこれら粒度曲線に相当する各粒径部分の配合比を求め、これらの粗骨材を粒度が一定の細骨材と組み合わせ、アスファルト量も OAC として作製した混合物の摩耗量を測定した。図—5 は、タイヤ走行回数3600パスにおける平均摩耗深さと粗骨材混入率との関係を示したものであり、図中に粗骨材中の各粒径の配合比との関係も併記している。図より、平均摩耗深さは粗骨材部分の粒度組成に関係なく粗骨材混入率ときわめて高い相関を示し、両者の間に直線関係が成立することが明

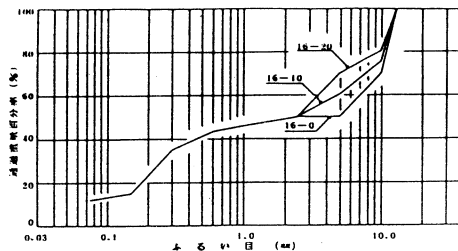


図—5 粒度構成粗骨材混入率の影響

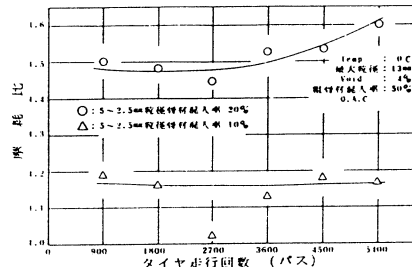
らかとなった。また、この関係を図—4の単粒骨材の場合と比較すると10～5mm 粒径骨材の場合の関係と類似した傾向を示している。次に粗骨材中の各粒径の配合比が平均摩耗深さに与える影響を見ると、13～10mm, 10～5mm 粒径は配合比の増加によって平均摩耗深さを低下させる作用を示しているのに対して、5～2.5mm 粒径骨材はこれと逆の傾向を示し、このことが摩耗抵抗の改善に対してマイナスの効果としてはたらいっているものと考えられる。

3—4. 5～2.5mm 粒径骨材の影響

摩耗抵抗に対する5～2.5mm 粒径骨材の影響を検証するため、細粒度ギャップアスファルトコンクリートの骨材粒度をベースとし、粗骨材量を50%と一定にして5～2.5mm 粒径分を0%, 10%, 20%の3段階に変化させた図—6の如き骨材粒度を構成し、アスファルト量をそれぞれの粒度に対するOACとして作製した混合物の平均摩耗深さを求めた。図—7は、0%の場合の各タイヤ走行回数における平均摩耗深さを1とした時の10%, 20%の場合のそれとの比を摩耗比として表わしたものである。5～2.5mm 粒径骨材を10%, 20%含む混合物の摩耗抵抗は0%のものに比してそれぞれ15%～20%, 45%～60%低下することが明らかとなった。なお、粗骨材量を一定にして5～2.5mm 粒径分を増加させることによる5mm以上の骨材量の減少の摩耗抵抗におよぼす影響は3600パスにおける平均摩耗深さでほぼ1mm程度と比較的小さいことが実験により確認されていることから、5～2.5mm 粒径分の増加は摩耗抵抗に対してマイナスの効果を与えるものと判断してよいと言える。



図—6 アスファルト混合物の骨材粒度



図—7 5～2.5mm 粒径骨材量の影響

3—5. バインダーのタイプ影響

スパイクタイヤによるアスファルト混合物の摩耗過程から明らかなように、モルタル分の性質もまた摩耗抵抗に関係する重要な因子である。そこで、骨材粒度、アスファルト量を一定としたモルタルに配合比が一定の粗骨材を55%混入し、バインダーとして表—4に示すきわめて性質の異なる4種類のアスファルトを用いて作製した混合物について摩耗実験を行ない、その結果を通常用いられているストレートアスファルトの場合の平均摩耗深さを100として改質アスファルトの効果を摩耗比で表わして、図—8に示した。図より、ゴム添加アスファルトは摩耗過程の初期の段階では10%程度の改善効果しか期待できないが、摩耗が進むにしたがって次第にその効果が発揮されタイヤ走行回数5400パスでは約40%程度の改善効果を期待することができる。一方、樹

表-4 バインダーの性状

	S	G	J	GJ
針入度 (1/10mm)	87	58	87	62
軟化点 (℃)	45.8	62.6	65.0	57.0
針入度指数	-1.0	+2.0	+3.6	+1.0
粘度 (25℃) (10 ⁴ Poises)	1.0	5.0	2.8	2.8
タフネス値 (kg-cm)		158	78	91
テナシティ値 (kg-cm)		103	53	50

S: ストレートアスファルト J: 樹脂入りアスファルト
G: ゴム入りアスファルト GJ: ゴム・樹脂入りアスファルト

脂添加アスファルトとゴム・樹脂添加アスファルトの摩耗比の変化はほぼ同一の傾向を示し、走行回数3600パス以降でなければ改善効果を発揮せず、その程度も約10%ときわめて小さい。このことから、摩耗抵抗の改善に対するバインダーの効果はアスファルトの性質のうち主としてタフネス値、テナシティ値に支配されるものであり、かつモルタルに対するスパイクピンの切削力に抵抗する機能よりはむしろ摩耗が進行し粗骨材がモルタルから剥離して飛散する時の飛散抵抗の増大に寄与するものと考えられる。

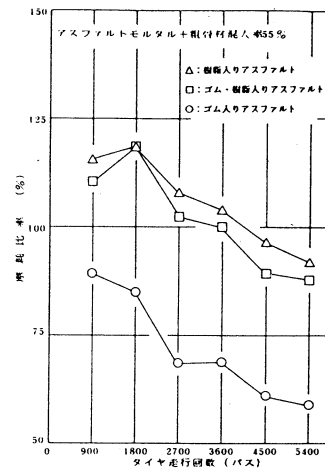


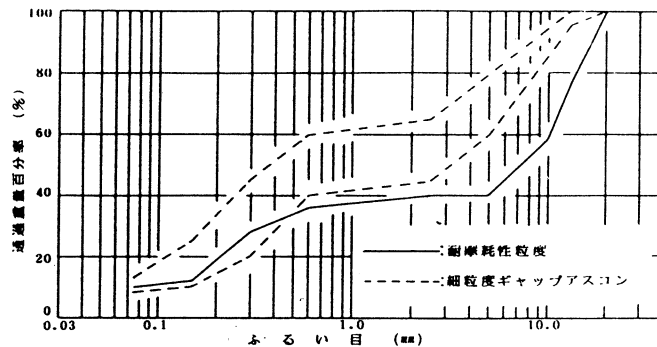
図-8 バインダーの効果

4. 結 論

スパイクタイヤによるアスファルト舗装路面の摩耗被害を軽減するための舗装技術面からのアプローチとして表層に用いられるアスファルト混合物の摩耗抵抗に対する影響要因について室内実験的に検討を行なった。本実験の範囲内で得られた成果を要約すれば以下のようである。

1. スパイクピンによる摩耗の進行過程をアスファルトモルタル部分の切削、粗骨材の摩滅、および粗骨材の飛散という3つの現象の繰り返し過程として説明でき、このことによって摩耗抵抗に影響をおよぼす要因を分離することができた。
2. 粗骨材に硬質骨材を使用することは骨材の摩滅量を少なくし、これがスパイクピンのモルタルへの貫入深さを小さくするためモルタルの切削量を軽減することとなり、摩耗抵抗の増大に寄与する。このことから、転炉スラグの利用は摩耗抵抗の改善に有効である。
3. アスファルトモルタルの骨材粒度は、2.5~0.6mm 粒径分を少なくしたギャップ粒度が連続粒度より摩耗抵抗は幾分大きくなるが、粗骨材を混入することによりその効果は消失する。
4. 摩耗抵抗は粗骨材を混入することによって増大しうるが、その効果は粒径の大きさによって

- 異なり大粒径のものほど改善効果が大きいことを明らかにし、その必要量の範囲を示した。
5. 粗骨材を構成する粒径のうち、5～2.5mm 粒径骨材の混入は摩耗抵抗の改善にはほとんど寄与しないことを明らかにし、耐摩耗アスファルト混合物における骨材粒度の選定の方向を示した。
 6. 摩耗抵抗と粗骨材混入率とはきわめて高い相関を示し、両者の間に直線関係が成立するが、粗骨材の粒度組成に大きくは影響されないことを明らかにした。
 7. 粗骨材混入率が一定の場合、摩耗抵抗を高めるには5～2.5mm 粒径骨材量を0%とするか、多くても10%以内としたギャップ粒度とすべきことを示した。
 8. 摩耗抵抗に対するバインダーの機能は主として粗骨材の飛散抵抗を増大させることにあり、その効果はタフネス値、テナシティ値に支配されることを明らかにした。
 9. 本実験でえられた成果を総合的に判断して、耐摩耗アスファルト混合物の骨材粒度は図—9に示すとき組成にすべきことを提案した。



図—9 耐摩耗性混合物の推奨骨材粒度

5. 結 言

本研究はアスファルト舗装への転炉スラグの利用に関する基礎的研究の一環として行なったものの一部であり、主に小林正明君（昭和62年大学院終了）の修士論文をもとに筆者らが取り纏めたものであることを付記し、この実験に関係した卒業生諸氏に謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 松尾徹郎：道路舗装の摩耗の実態と対策，舗装，vol. 16，No.2，1981

アスファルト混合物の摩耗抵抗改善に関する実験的研究

- 2) A. J. G. Klomp : Studded Tires Current Review, Shell Bitumen Review, No.42, 1973
- 3) 久保 宏 : 諸外国におけるスパイクタイヤ規制の背景と経緯, 北海道開発局土木試験所月報, No.356, 1982
- 4) H. J. Fromm, J. T. Corkill : An Evaluation of Surface Course Mixes Designed to Resist Studded Tire Wear, Proc. AAPT, vol.40, 1971
- 5) J. Hode Keyser : Mix Design Criteria for Wear-Resistant Bituminous Pavement Surfaces, Highway Research Record, No.418, 1972
- 6) 鈴木, 新田, 吉川 : 転炉スラグ砕石使用アスファルトコンクリートの耐摩耗性について, 土木学会第36回年次学術講演会概要集第5部, 1981
- 7) 吉川, 鎌倉, 新田, 鈴木 : 転炉スラグのアスファルト舗装への利用, 第14回日本道路会議一般論文集, 1981
- 8) 新田, 礎崎, 小林 : アスファルト混合物の耐摩耗効果について, 土木学会第41回年次学術講演会概要集第5部, 1986
- 9) 日本道路協会 : アスファルト舗装要綱, 1978